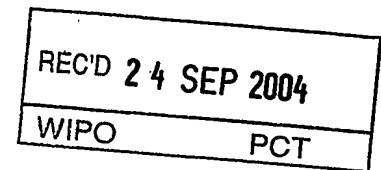


**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****BEST AVAILABLE COPY****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 37 971.1

**Anmeldetag:** 19. August 2003

**Anmelder/Inhaber:** GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH,  
21502 Geesthacht/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Erhöhung der Festigkeit und/oder  
Belastbarkeit von Werkstücken

**IPC:** F 16 S, B 23 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. September 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Faust

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



7

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Max-Planck-Str.  
1, 21502 Geesthacht

Verfahren zur Erhöhung der Festigkeit und/oder Belastbarkeit von Werkstücken

#### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur wenigstens lokalen Erhöhung der Festigkeit und/oder Belastbarkeit von Werkstücken, wobei ein erstes Werkstück zunächst mittels eines konventionellen Fertigungsverfahrens hergestellt wird.

Bestimmte Werkstücke, die aus bestimmten Werkstoffen mittels bekannter, konventioneller Fertigungsverfahren hergestellt werden, bspw. mittels gießtechnischer Verfahren, haben in bezug auf ihre Festigkeit und/oder Belastbarkeit bei ihrem Einsatz in den bestimmungsgemäßen Einbauorten bzw. im Hinblick auf den bestimmungsgemäßen Einbauzwecken zwar die bei der Auswahl des das Werkstück bildenden Werkstoffs bspw. ein gewünschtes geringes Gewicht, wie es bspw. bei Leichtmetallwerkstoffen anzutreffen ist, diese zeigen jedoch werkstoffspezifisch vielfach nicht die Festigkeit und/oder Belastbarkeit,

die für den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Werkstücks erforderlich ist bzw. gewünscht wird. In diesen Fällen der geringen Festigkeit und/oder der geringen Belastbarkeit derartiger aus derartigen Werkstoffen gefertigter Werkstücke, zumindest an hochbeanspruchten Orten des Werkstücks zu begegnen, werden schon im Fertigungsvorgang diese Bereiche mit Werkstoffen "verstärkt", um die angestrebte höhere Festigkeit und/oder Belastbarkeit der Werkstücke wenigstens in diesen lokalen Bereichen zu erreichen. So wird bspw. bei einem aus Leichtmetall unter Verwendung bekannter metallurgischer Gießtechniken hergestellten Werkstück während des Gießvorganges ein Eingubelement an entsprechender Stelle in die Gießform gebracht und mit dem Gießwerkstoff umgossen, so daß tatsächlich, wie angestrebt, zumindest eine lokale Erhöhung der Festigkeit und/oder der Belastbarkeit erreicht wird.

Insbesondere bei metallischen Werkstücken führt das regelmäßig zu Inkompatibilitäten hinsichtlich der elektrochemischen Potentiale des Werkstoffs des Werkstückes und des Werkstoffes des Eingubelementes und auch der Eigenspannungen. Daraus ergeben sich, wie die Praxis bei derartigen Verbundwerkstücken gezeigt hat, neben verstärkt auftretenden Korrosionserscheinungen auch die Entstehung von Rissen infolge der besagten ungünstigen Eigenspannungen der beiden Werkstoffe der beiden Werkstücke.

Setzt man derartige Verbundwerkstücke der normalen Umwelt oder gar einer Belastung durch salzhaltige, wässrige Lösungen aus, so versagen derartige Werkstücke innerhalb kürzester Zeit. Da hinein spielen auch teilweise sehr unterschiedliche physikalische und mechanische Eigenschaften des das Werkstück bildenden Werkstoffs und des das Eingubelement bildenden Werkstoffs. Schließlich ergeben sich auch nachteilige innere Spannungen, die

durch das verwendete eigentliche Gießverfahren im Zuge der Herstellung entstehen.

Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem wenigstens lokal eine Erhöhung der Festigkeit und/oder Belastbarkeit von Werkstücken erreicht wird, und zwar bei Werkstücken, die in ihrer Grundkonfiguration mittels unterschiedlicher, allgemein bekannter und ggf. auch konventioneller Herstellungsverfahren hergestellt worden sind, wobei auch eine bei nach bisherigen Fertigungsverfahren hergestellten Werkstücken erhöhte Temperaturfestigkeit erreicht werden soll und wobei das Verfahren kostengünstig und bei geringem apparativem Aufwand durchführbar sein soll.

Gelöst wird die Aufgabe gem. der Erfindung dadurch, daß

- a. das erste Werkstück nachfolgend im Bereich der zu erhöhenden Festigkeit und/oder erhöhenden Belastbarkeit mit einem Loch versehen wird und nachfolgend
- b. in das Loch ein aus einem festigkeits- und/oder belastbarkeitserhöhenden Werkstoff bestehendes zweites Werkstück eingebracht wird und
- c. in diesem Zustand das zweite Werkstück gegenüber dem ersten Werkstück nach der Methode des Reibschweißens relativ zueinander bis zum Erreichen der Schweißtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur beider Werkstücke zur Schaffung einer Reibschweißverbindung zwischen beiden Werkstücken gerieben werden.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorteilhafterweise erreicht, daß sich Verbundwerkstücke herstellen lassen, die wenigstens lokal die Eigenschaften in bezug auf Festigkeit, Belastbarkeit und Beständigkeit bei hoher Temperatur und eine hohe Verschleißbeständigkeit aufweisen und derart hergestellte Werkstücke somit in Bereichen eingesetzt werden können, die bisher für derartige Werkstücke völlig unzugänglich waren. Dabei können, wenn bspw. das erste Werkstück aus einem Leichtmetallwerkstoff besteht, für das Gesamtwerkstück alle vorteilhaften Eigenschaften des Leichtmetalles genutzt werden, beispielsweise das geringe Gewicht bzw. dessen geringe Dichte, darüber hinaus aber auch Festigkeits- und Belastbarkeits- und Temperaturbeständigkeitseigenschaften zumindest im lokalen Bereich der Werkstücke erreicht werden, die bisher nur Werkstücken aus Werkstoffen mit sehr großem spezifischem Gewicht bzw. großer Dichte oder extrem schwer bearbeitbaren Werkstoffen und sehr kostenträchtig bereitstellbaren Werkstoffen zugänglich waren.

Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren unter Heranziehung aller Varianten des Reibschweißens durchgeführt werden.

Gem. einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist das Loch im ersten Werkstück eine Bohrung und das zweite Werkstück weist eine rotationssymmetrische Form auf, wobei die Methode des Reibschweißens in diesem Falle die des Reibrührschweißens ist, wobei in diesem Fall das Reibkegelschweißen zur Anwendung kommen kann, das eine spezielle Form des Reibrührschweißens ist. Auf diese Weise können gezielt in bestimmten lokalen Bereichen des ersten Werkstücks Verstärkungen erreicht werden, die die Festigkeit und/oder Belastbarkeit des Werkstücks insgesamt erhöhen. So kann bspw. das Loch entweder zy-

lindrisch oder konisch ausgebildet sein, wobei das rotationssymmetrische zweite Werkstück in diesem Falle entweder zylindrisch oder entsprechend konisch ausgebildet ist.

Das Loch bzw. die Bohrung kann an entsprechender Stelle des ersten Werkstücks das Werkstück durchqueren, es ist aber auch möglich, das Loch bzw. die Bohrung als Sackloch bzw. Sackbohrung auszubilden, so daß ein Boden im ersten Werkstück verbleibt.

Gem. einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird das Loch oder die Bohrung im ersten Werkstück durch das zweite Werkstück im miteinander verbundenen Zustand wenigstens teilweise ausgefüllt, d.h. es ist möglich, schon im zweiten Werkstück ein Durchgangsloch oder ein Sackloch bzw. eine Sackbohrung auszubilden, entsprechend der Form des zweiten Werkstücks, bevor dieses durch den Reibschweißvorgang mit dem ersten Werkstück verbunden wird.

Grundsätzlich kann das erste Werkstück unter Heranziehung eines beliebigen geeigneten Herstellungsverfahrens hergestellt werden. Vorzugsweise wird das erste Werkstück jedoch in einem Gußfertigungsverfahren hergestellt, was den Vorteil hat, daß das erste Werkstück sehr kostengünstig in Form eines massenweise unter Heranziehung bekannter gießtechnischer Verfahren hergestellt werden kann, wohingegen das zweite Werkstück das die speziellen angestrebten Festigkeits- und Belastbarkeitseigenschaften aufweist, die dann im Verbund beider Werkstücke für das Gesamtwerkstück angestrebt werden und bspw. als im Handel kommerziell verfügbare Halbzeuge herangezogen werden können, so daß auch durch das erfindungsgemäß erreichbare Verbundwerkstück nur minimale Kostensteigerungen gegenüber einem normalen mittels gieß-

technischer Maßnahmen hergestellten Werkstück zu verzeichnen sind.

Gem. einer weiteren vorteilhaften anderen Ausgestaltung der Erfindung besteht wenigstens das erste Werkstück aus einem Leichtmetall oder einer Leichtmetall-Legierung, wobei vorzugsweise das Leichtmetall Magnesium oder eine Magnesiumlegierung ist oder schließlich vorteilhafterweise das Leichtmetall Aluminium oder eine Aluminiumlegierung ist.

Aluminium und Magnesium einschl. seiner jeweiligen Legierungen, kommen in der Leichtbauindustrie, d.h. im Kraftfahrzeugbau sowie in der Luft- und Raumfahrtindustrie eine immer stärker werdende Rolle zu. Insbesondere im Bereich des Kraftfahrzeugbaues ergibt sich neben der geringen Dichte von Aluminium und Magnesium auch die Forderung, Werkstücke bzw. Bauteile aus diesen Werkstoffen äußerst kostengünstig bereitstellen zu können, so daß Werkstücke in diesem Bereich schon jetzt insbesondere mittels bekannter gießtechnischer Verfahren hergestellt werden. Dennoch ergibt sich für diese Fälle die Forderung, daß diese zumindest lokal hohen mechanischen und elektrochemischen Beanspruchungen standhalten müssen. Erfindungsgemäß kombiniert man die gute Gießbarkeit von Magnesium bzw. Magnesiumlegierungen bzw. Aluminium und Aluminiumlegierungen sowie deren gute mechanische Bearbeitbarkeit mit den Eigenschaften des Werkstoffs des zweiten Werkstücks, die eine hohe mechanische und elektrochemische Belastbarkeit aufweisen, die allerdings weniger gut bearbeitbar und sehr viel schlechter gießbar sind, um bei diesem Beispiel zu bleiben, als der des ersten Werkstücks.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die einzige Zeichnung anhand eines Ausführungsbeispiels eingehend beschrieben. Diese zeigt:

In vier Schritten die Ausführung des Verfahrens zum Erhalt eines Verbundwerkstücks aus zwei Werkstücken, die mittels der Methode des Reibschweißens miteinander verbunden werden.

Das Werkstück 10 liegt zunächst als erstes Werkstück 11 vor, das in den einzelnen Fertigungsschritten gemäß den Pos. 1. bis 4. im Schnitt dargestellt ist. Das erste Werkstück 11 kann ein beliebiges geeignetes Werkstück sein, das im vorliegenden Falle einen flanschähnlichen Vorsprung 17 aufweist, vgl. Pos. 1. Das erste Werkstück 11 ist bspw. mittels bekannter gießtechnischer Verfahren hergestellt und kann bspw. aus einer Aluminium- oder Magnesiumlegierung oder einem beliebigen anderen geeigneten Werkstoff bestehen.

In den flanschartigen Vorsprung 17 wird ein Loch 13 gebohrt, oder auf sonstige geeignete Weise eingebracht. Das Loch 13 ist im vorliegenden Falle konisch ausgebildet und weist keinen Lochboden auf. Es sei darauf hingewiesen, daß das Loch bzw. die Bohrung 13 auch derart im ersten Werkstück 11 ausgebildet sein kann, daß ein Boden im Loch bzw. der Bohrung 13 verbleibt (nicht dargestellt).

Nachfolgend wird ein zweites Werkstück 12, das in dem hier dargestellten Beispiel rotationssymmetrisch und ebenfalls konisch ausgebildet ist, mittels einer hier nicht dargestellten Einrichtung in Rotation, vgl. Pfeil 15, versetzt und in Bewegungsrichtung, vgl. Pfeil 16, in das Loch 13 unter fortlaufender Beibehaltung der Rotationsbewegung in Bewegungsrichtung 16 eingeführt.



Infolge des Kontaktes zwischen erstem Werkstück 11 und zweitem Werkstück 12 erfolgt ein Reibschweißvorgang, der so lange aufrechterhalten wird, bis die Schweißtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur beider Werkstücke erreicht ist.

Dabei wird dann ein Zustand gem. Pos. 3. der Zeichnung erreicht, bei der das Loch 13 mit dem zweiten Werkstück 12 unter Ausbildung einer Reibschweißverbindung zwischen dem ersten Werkstück 11 und dem zweiten Werkstück 12 gefüllt ist.

Gem. der Pos. 4. kann das zweite Werkstück 12, wie es in Pos. 2. dargestellt ist, auch mit einem Durchgangsloch 14 versehen sein, so daß das zweite Werkstück 12 auch in der Endposition bzw. im letzten Verfahrensschritt gem. Pos. 4. ein Durchgangsloch 14 aufweist. In diesem Falle ist die gesonderte Ausbildung eines Durchgangsloches 14 mittels eines Bohr- bzw. Fräsvorganges nicht erforderlich.

Es ist aber auch möglich, das Durchgangsloch 14 durch das zweite Werkstück 12 hindurchzubohren bzw. zu -fräsen, nachdem es gem. der Pos. 3. ausgebildet worden ist, d.h. nachdem eine Reibschweißverbindung zwischen dem ersten Werkstück 11 und dem zweiten Werkstück 12 erreicht ist.

Bezugszeichenliste

- 10 Werkstück
- 11 erstes Werkstück
- 12 zweites Werkstück
- 13 Loch/Bohrung
- 14 Durchgangsloch
- 15 Pfeil (Rotation)
- 16 Pfeil (Bewegungsrichtung)
- 17 Vorsprung

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Max-Planck-Str.  
1, 21502 Geesthacht

Verfahren zur Erhöhung der Festigkeit und/oder Belastbarkeit von Werkstücken

Patentansprüche

1. Verfahren zur wenigstens lokalen Erhöhung der Festigkeit und/oder Belastbarkeit von Werkstücken, wobei ein erstes Werkstück zunächst mittels eines konventionellen Fertigungsverfahrens hergestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
  - a. das erste Werkstück nachfolgend im Bereich der zu erhöhenden Festigkeit und/oder erhöhenden Belastbarkeit mit einem Loch versehen wird und nachfolgend
  - b. in das Loch ein aus einem festigkeits- und/oder belastbarkeitserhöhenden Werkstoff bestehendes zweites Werkstück eingebracht wird und
  - c. in diesem Zustand das zweite Werkstück gegenüber dem ersten Werkstück nach der Methode

des Reibschweißens relativ zueinander bis zum Erreichen der Schweißtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur beider Werkstücke zur Schaffung einer Reibschweißverbindung zwischen beiden Werkstücken gerieben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Loch im ersten Werkstück eine Bohrung ist und das zweite Werkstück eine rotationssymmetrische Form aufweist, wobei die Methode des Reibschweißens die des Reibrührschweißens oder des Reibkegelschweißens ist.
3. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Loch oder die Bohrung im ersten Werkstück durch das zweite Werkstück im miteinander verbundenen Zustand wenigstens teilweise ausgefüllt wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Werkstück in einem Gießfertigungsverfahren hergestellt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens das erste Werkstück aus einem Leichtmetall oder einer Leichtmetalllegierung besteht.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Leichtmetall Magnesium oder eine Magnesiumlegierung ist.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Leichtmetall Aluminium oder eine Aluminiumlegierung ist.

nd/mk

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Max-Planck-Str.  
1, 21502 Geesthacht

Verfahren zur Erhöhung der Festigkeit und/oder Belastbarkeit von Werkstücken

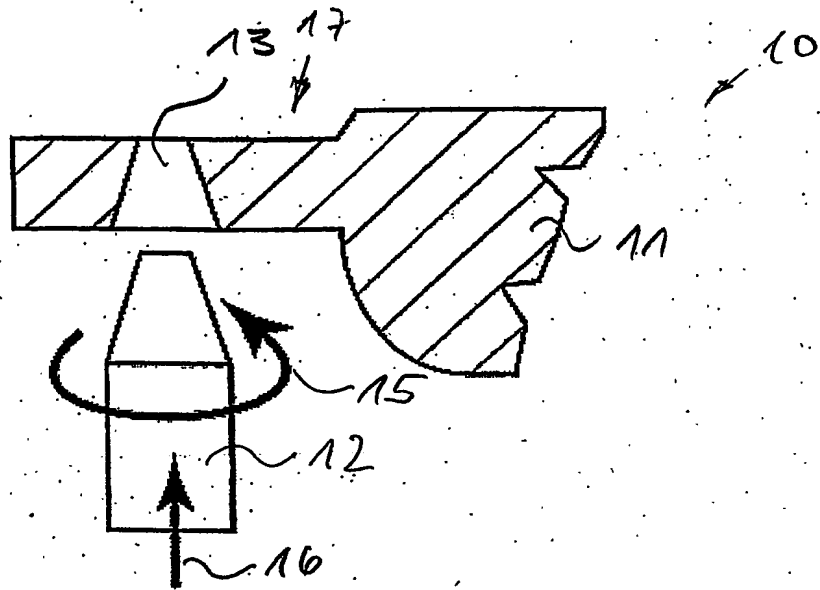
Zusammenfassung

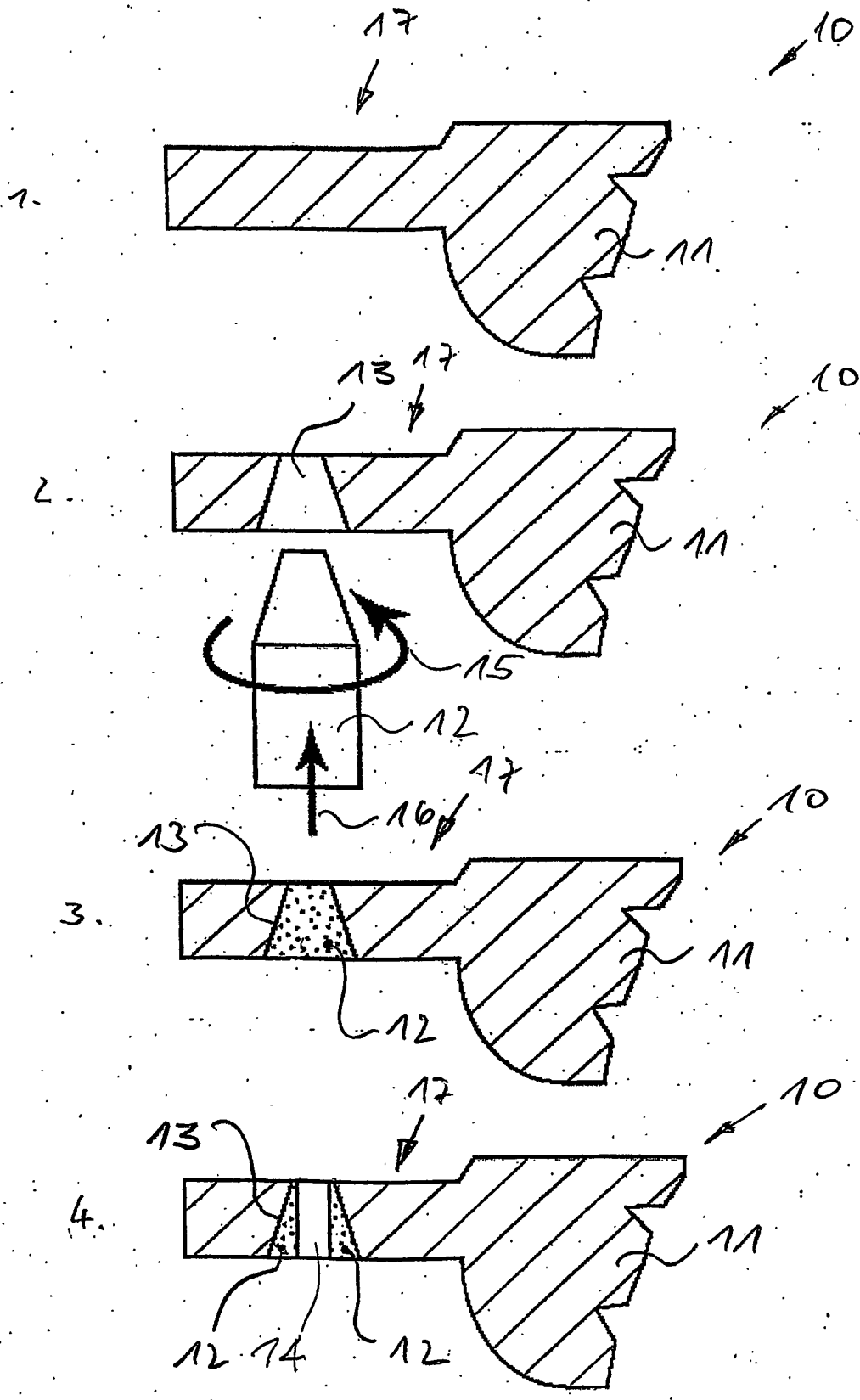
(in Verbindung mit der einzigen Fig. gem. Pos. 2.)

Es wird ein Verfahren zur wenigstens lokalen Erhöhung der Festigkeit und/oder Belastbarkeit von Werkstücken (10) vorgeschlagen, wobei ein erstes Werkstück (11) zunächst mittels eines konventionellen Fertigungsverfahrens hergestellt wird. Das Verfahren weist folgende Verfahrensschritte auf:

- a. das erste Werkstück (11) wird nachfolgend im Bereich der zu erhöhenden Festigkeit und/oder zu erhöhenden Belastbarkeit mit einem Loch (13) versehen,
- b. nachfolgend wird in das Loch (13) ein aus einem festigkeits- und/oder belastbarkeitserhöhenden Werkstoff bestehendes zweites Werkstück (12) eingebracht,

c. schließlich wird in diesem Zustand das zweite Werkstück (12) gegenüber dem ersten Werkstück (11) nach der Methode des Reibschweißens relativ zueinander bis zum Erreichen der Schweißtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur beider Werkstücke (11, 12) gerieben, so daß eine Reibschweißverbindung zwischen dem ersten Werkstück (11) und dem zweiten Werkstück (12) zur Ausbildung des Werkstücks (10) erfolgt.







**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**